

一种快速表达任意组别的Y/△ 接线变压器两侧电流的方法

南京电力高等专科学校 王玉忠

摘要 本文介绍一种快速写出任意组别的Y/△接线变压器两侧电流的关系式。此法优点是迅速、简捷、便于记忆，对分析、计算Y/△变压器两侧短路电流有很大帮助。

分析继电保护动作行为（特别是电流保护第Ⅱ段）不仅要计算流入到各继电器中的电流大小，且要判明其相位。Y/△变压器组别的变化或不同两相短路及是Y侧还是△侧的短路，其两侧电流大小、相位都不同。这就给分析带来不便，更不易对分析结论记忆。如何用一种最为简洁的方法来表达两侧短路电流关系呢？笔者比较以前的方法（全电流法，序电流法及映射原理法^[1]）推出一极为简单的表达方法，以供继电保护工作者参考。

设某降压变压器接线组别为Y/△-N（N=1, 3, 5, 7, 9, 11）当N=1时，接线关系如图1所示， I_A^Y, I_B^Y, I_C^Y 与 $I_A^\Delta, I_B^\Delta, I_C^\Delta$ 分别表示Y侧与△侧的线电流； I_a, I_b, I_c 表示△侧的相电流 W_Y 与 W_Δ 表示Y侧与△侧的匝数，Y、△两侧电流相位关系如图2所示， δ 表示 I^Δ 超前 I^Y 的角度，它由N的大小决定（如表1所示）

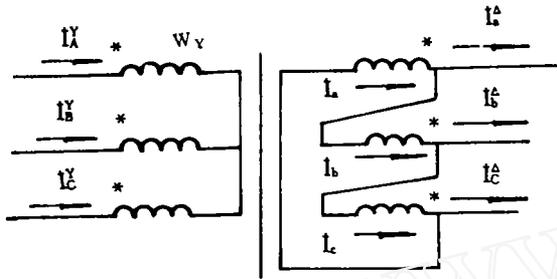


图1 Y/△变压器接线关系图

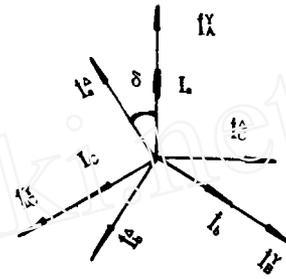


图2 Y/△-11变压器向量关系图

表1

N	1	3	5	7	9	11
δ	-30°	-90°	-150°	150°	90°	30°

根据对算分量法：

$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{A1} \\ I_{A2} \\ I_{A3} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} I_{A1} \\ I_{A2} \\ I_{AO} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_A \\ I_B \\ I_C \end{bmatrix} \quad (2)$$

两相短路(如 \$\Delta\$ 侧 \$b, c\$ 两短路)有:

$$I_{\omega\omega}^{\Delta} = I_b^{\Delta} = I_c^{\Delta} = I_{\omega}^{\Delta} = 0$$

$$I_{a1}^{\Delta} = -I_{a2}^{\Delta} = j \frac{1}{\sqrt{3}} I_b^{\Delta}$$

故: $I_a^{\Delta} = I_{a1}^{\Delta} + I_{a2}^{\Delta} = 0$

$$I_b^{\Delta} = I_{b1}^{\Delta} + I_{b2}^{\Delta} = I_{a1}^{\Delta} e^{-j120^\circ} + I_{a2}^{\Delta} e^{j120^\circ}$$

$$I_c^{\Delta} = I_{c1}^{\Delta} + I_{c2}^{\Delta} = I_{a1}^{\Delta} e^{j120^\circ} + I_{a2}^{\Delta} e^{-j120^\circ}$$

Y 侧电流(以 $I_b^{\Delta} = -I_c^{\Delta}$ 为参考量):

$$\begin{cases} I_A^Y = I_{a1}^{\Delta} e^{-j\delta} + I_{a2}^{\Delta} e^{j\delta} = \frac{2}{\sqrt{3}} I_b^{\Delta} \sin\delta \\ I_B^Y = I_{b1}^{\Delta} e^{-j\delta} + I_{b2}^{\Delta} e^{j\delta} = I_{a1}^{\Delta} e^{-j(\delta+120^\circ)} + I_{a2}^{\Delta} e^{j(\delta+120^\circ)} \\ \quad = \frac{2}{\sqrt{3}} I_b^{\Delta} \sin(\delta + 120^\circ) \\ I_C^Y = I_{c1}^{\Delta} e^{-j\delta} + I_{c2}^{\Delta} e^{j\delta} = I_{a1}^{\Delta} e^{-j(\delta-120^\circ)} + I_{a2}^{\Delta} e^{j(\delta-120^\circ)} \\ \quad = \frac{2}{\sqrt{3}} I_b^{\Delta} \sin(\delta - 120^\circ) \end{cases} \quad (3)$$

同理,如 Y 侧 B、C 两相短路, \$\Delta\$ 侧三相电流为(以 $I_b^{\Delta} = -I_c^{\Delta}$ 为参考量):

$$\begin{cases} I_a^{\Delta} = \frac{2}{\sqrt{3}} I_b^Y \sin(-\delta) \\ I_b^{\Delta} = \frac{2}{\sqrt{3}} I_b^Y \sin(-\delta + 120^\circ) \\ I_c^{\Delta} = \frac{2}{\sqrt{3}} I_b^Y \sin(-\delta - 120^\circ) \end{cases} \quad (4)$$

比较(3)与(4),只是 \$\delta\$ 的正负号不同,实际上,根据 \$\delta\$ 的涵义(\$I_a^{\Delta}\$ 超前的 \$I^Y\$ 的角度)可将(3)与(4)合并,无论是 Y 侧还是 \$\Delta\$ 侧 B、C 两相短路,另一非故障侧电流都可用下组公式表达:

$$\begin{cases} I_A = \frac{2}{\sqrt{3}} I_{ab} \sin\delta \\ I_B = \frac{2}{\sqrt{3}} I_{ab} \sin(\delta + 120^\circ) \\ I_C = \frac{2}{\sqrt{3}} I_{ab} \sin(\delta - 120^\circ) \end{cases} \quad (5)$$

其中, \$I_{ab}\$ 为参考量,取故障侧故障相中的超前相。\$\delta\$ 由图 2 和表 1 确定(详见算例)。

值得注意的是,(5)式中是以 \$bc\$ 两短路,取 \$a\$ 相为特殊相推导出来的,对于任意两相故障,则取非故障相为特殊相,其他与(5)式对应可逐依迅速写出,如 Y/\$\Delta\$-N 接线变压器, \$\Delta\$ 侧 \$a, c\$ 两相短路,则 Y 侧电流为:

$$I_C^Y = \frac{2}{\sqrt{3}} I_a^{\Delta} \sin\delta$$

$$I_A^Y = \frac{2}{\sqrt{3}} I_a^{\Delta} \sin(\delta + 120^\circ)$$

$$I_B^Y = \frac{2}{\sqrt{3}} I_a^\Delta \sin(\delta - 120^\circ)$$

计算举例,

1. 有 Y/△-1 降压变压器一台, △侧 bc 两相短路电流为 5098A, $n_B = 66/11\text{kV}$, 求 Y 侧电流。

解: ∵ Y/△-1, 即参考量 $I^A(I_B^\Delta)$ 滞后非故障相 $I^Y 30^\circ$ 。

∴ $\delta = -30^\circ$ 代入(5) 式得:

$$I_A^Y = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{5098}{66/11} \times \sin(-30^\circ) = -50(A)$$

$$I_A^Y = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{5098}{66/11} \times \sin(-30^\circ + 120^\circ) = 100(A)$$

$$I_C^Y = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{5098}{66/11} \times \sin(-30^\circ - 120^\circ) = -50(A)$$

2. 有 Y/△-1 升压变压器一台, $n_B = 66/11\text{kV}$, Y 侧 BC 两相短路电流为 50A, 求电源侧(△侧)电流。

解: ∵ Y/△-1 即参考量 $I^Y(I_B^\Delta)$ 超前非故障相 $I^A 30^\circ$

∴ $\delta = 30^\circ$ 代入(5) 式得:

$$I_a^\Delta = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{66}{11} \times 50 \times \sin 30^\circ = 173(A)$$

$$I_b^\Delta = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{66}{11} \times 50 \times \sin(30^\circ + 120^\circ) = 173(A)$$

$$I_c^\Delta = \frac{2}{\sqrt{3}} \times \frac{66}{11} \times 50 \times \sin(30^\circ - 120^\circ) = -346(A)$$

参考文献

- 1 阎善忠 利用映射原理快速表达任意组别的 Y/△接线变压器的两侧电流. 继电器, 1989. 1
- 2 华中工学院编. 电力系统继电保护原理与运行.

(上接 77 页)

- | | |
|-------------------|-------------------------|
| (5) 采集周期 | 1.25ms |
| (6) 记录连续故障次数 | 使用 360K 软盘为 12 次 |
| (每次 4.2 秒, 含全部数据) | 使用 1.44M 软盘为 46 次 |
| (7) 振荡录波时间 | 每次 67.2 秒 |
| (8) 每张软盘存放故障数据次数 | 360K 盘 6 次 1.44M 盘 23 次 |
| (9) 装置外形尺寸 | 500mm×340mm×200mm |

4 组屏方式

GLQ2 录波器可以单独使用, 也可以它为核心组屏, PGL-20 系列故障录波集中信号屏有以下五种配置:

1. PGW-21 单台 GLQ2 录波器组屏
2. PGW-22 两台 GLQ2 录波器组屏
3. PGW-23 三台 GLQ2 录波器组屏
4. PGW-24 单台 GLQ2 录波器加一台 PC 286 微机组屏
5. PGW-25 两台 GLQ2 录波器加一台 PC 286 微机组屏
6. PGL-26 三台 GLQ2 录波器加一台 PC 286 微机组屏。